

平成 22 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19510014
 研究課題名（和文）太平洋中央域および東太平洋赤道域南北縦断間隙水化学成分のマッピング
 研究課題名（英文）Latitudinal section mapping of pore water constituents in the central and eastern equatorial Pacific
 研究代表者
 加藤 義久（KATO YOSHIHISA）
 東海大学・海洋学部・教授
 研究者番号：00152752

研究成果の概要（和文）：中央太平洋および東太平洋湧昇域の南北縦断測線において、表層堆積物コアから間隙水を抽出し、生物起源のオパールおよび重晶石の溶解に起因するケイ酸塩および溶存バリウムの分布を調べた。海底から底層水に向かうこれら成分の拡散フラックスは、高緯度域および赤道域において高く、亜熱帯域では低かった。このような物質フラックスの変動は、海洋表層における生物生産の地理的変動の反映であることを強く示している。

研究成果の概要（英文）：Chemical constituents in pore waters of sediment cores collected along latitudinal sections in the central and east equatorial Pacific were measured. On the basis of the distributions of silicate and dissolved barium in pore waters, originated from biogenic opal and barite particles, respectively, their diffusive fluxes upward from the bottom sediment were analyzed. Both of the upward fluxes were estimated to be high in the Antarctic and Equatorial and low in the subtropical regions. This can indicate that the latitudinal changes in the upward fluxes of silicate and dissolved barium result from the geographical change of biological production in the ocean.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：化学海洋学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：中央太平洋，東太平洋赤道域，南北縦断測線，生物生産，堆積物間隙水，ケイ酸塩，溶存バリウム，海底フラックス

1. 研究開始当初の背景

(1) 平成15-17年度基盤研究（C）「海洋におけるBa-Si/N比ダイアグラムの開発」の課題のもと、北太平洋亜寒帯域，南太平洋西部域およびインド洋東部域の化学海洋学的研究によって、海水中におけるバリウムとケイ酸塩/

硝酸塩比（Ba-Si/Nダイアグラム）との間には直線関係が成立していることが判った。このことは、Ba-Si/N比ダイアグラムが海水の動的構造に依存するバリウムの循環を化学海洋学的に解析する手段となり得る事を強く示唆している。しかしながら、そのような直線関係

も緯度によって、すなわち深層水の年齢の増加によってその勾配が異なることも判明した。このような直線の勾配が地理的に変動することを明らかにするためには、海底堆積物からのバリウムとケイ酸塩の溶出の効果を知る必要が生じた。

(2) 海底堆積物の間隙水中のケイ酸塩や硝酸鉛の挙動と分布に関する知見は多数あるが、溶存バリウムに関しては断片的である。間隙水中のケイ酸塩の起源は岩石碎屑物および海洋プランクトンの遺骸成分である二酸化ケイ素の溶解であると考えて良い。一方、間隙水中へのバリウムの溶出は、岩石碎屑物の溶解に加えて、マリンスノー起源の堆積した重晶石（硫酸バリウム）の溶解に原因がある。すなわち、海底堆積物中の生物起源粒子の溶解によって、間隙水からケイ酸塩およびバリウムが底層水中への拡散し、それが熱塩循環の経路に沿って深層水中の両者の濃度増加を加速させていると考えられる。

(3) 間隙水成分のマッピングは国際 GEO TRACES 計画における課題の一つでもある。この国際研究に対応する国内研究組織はほぼ整備され、平成19年度に海外学術調査を実施するため、科学研究費補助金に応募することになっている（東京大学海洋研究所 蒲生俊敬教授代表）。間隙水成分の分布とその地理的変動、そして海底から溶解して熱塩循環に加わる物質のフラックスを明らかにすれば、化学海洋学的な物質循環の理解はさらに進むと考えられる。

2. 研究の目的

海底堆積物から底層水中へのケイ酸塩およびバリウムの溶出の実態を確かめるために、本研究では、生物生産の高い海域と低い海域とを対比的に調べることを企図した。

2003年度の白鳳丸航海では、東太平洋赤道域の西経95度を、赤道を縦断するように、北緯8度から南緯8度の測線上において、マルチプルコアラーを用いて海底堆積物の8試料が採取された。この海域は湧昇が卓越し、赤道から南北に離れるに従って徐々に生物生産量が減少する事が知られている。また、2004年度および2005年度においても、太平洋中央域の北緯55度から南緯67度にかけて、同じく17試料が採取された。この太平洋南北縦断測線では、南北高緯度および赤道域における高生物生産、低緯度亜熱帯域における低生産海域が分布し、海洋表層の生物生産量が大きく変動する。それに応答して、粒子状二酸化ケイ素や重晶石の堆積量も変動することが予想される。

本研究の目的は、このような海域から採取した海底堆積物の間隙水の化学成分の内、特にケイ酸塩および溶存バリウムの鉛直分布の地理的変動を明らかにし、あわせて、間隙

水から底層水中へ拡散するそれらの溶出フラックスを測定することである。

3. 研究の方法

(1) 間隙水の化学分析

間隙水中の溶存バリウムは、すでに海水を対象として開発した二酸化マンガン共沈法を応用して、ICP-AESを用いて定量した。同時に、ケイ酸塩（硝酸塩、リン酸塩を含む）をオートアナライザーを用いて定量した。溶存バリウムおよびケイ酸塩の鉛直分布を解析して、海底から底層水中への拡散フラックスを見積もった。

(2) 堆積物の前処理

堆積物コアは、採取後に船上にて0.5cmないしは1.0cm厚毎に、すでに各層に分取されている。化学分析の前処理として、これらの各層試料を凍結乾燥後に粉末状にして保存した。

(3) 堆積物中のオパールおよび重晶石の化学分析

生物起源オパールの分析法は、常法である熱炭酸ナトリウム溶解法を用いて測定した。

重晶石は、比重の大きい微細粒子として、特に生物生産の高い海域の堆積物コア中に見いだされると考えられる。本研究では、堆積物粒子から重液分離法により重鉍物粒子を単離し、走査電子顕微鏡が附属したX線マイクロアナライザーを用いて重晶石を同定する方法を開発する。同時に、重液分離された粒子のバリウムをマイクロウェーブ式加圧分解容器中にて湿式法によって溶解し、バリウムをICP-AESを用いて定量した。

4. 研究成果

(1) 間隙水中の化学分析結果

①東太平洋赤道域においては、赤道直下の間隙水中のケイ酸塩は、表層の250 $\mu\text{mol}/\text{l}$ から下層に向かって急激に増加し、それ以降においては650 $\mu\text{mol}/\text{l}$ の様な鉛直分布を示した。このコアを軸に、南北高緯度に向かって採取されたコア中の間隙水ケイ酸塩の濃度レベルは徐々に減少した。このことは、赤道湧昇によるケイ質プランクトンの生産の分布と良い対比をなしている。すなわち、間隙水中のケイ酸塩の濃度レベルの緯度変動は、表層から沈降して海底に堆積する生物起源オパールの堆積量を反映している事が明らかとなった。

②太平洋中央域における間隙水の化学組成を調べた。高緯度域および赤道域においては、間隙水中のケイ酸塩およびバリウム濃度は他の中緯度海域の平均値と比較しても高かった。また各コア表層における間隙水中の両者の濃度は底層水と比べて高かった。すなわち、生物起源のオパールおよびバリウムの粒

子が堆積後に溶解し、間隙水中にケイ酸塩およびバリウムが再生・溶解し、それらが濃度勾配に従って底層水中へ拡散・回帰していると考えられる。

(2) 生物起源物質の分析結果

太平洋中央域および東太平洋赤道域における堆積物粒子中の生物起源オパールおよびバリウムの含有量を測定した。予想されるように、高緯度や赤道域の生物生産の高い海底において、それらの成分は高含有量を示した。

(3) 重晶石粒子は、海洋表層の生物生産に伴って形成すると考えられている。重晶石の比重(d)は4.5であり、カルサイト($d=2.7$)やオパール($d=1.9-2.2$)、粘土鉱物($d=2.5-2.8$)に比べて著しく大きい。このことを利用し、重液を使うことによって重晶石と他の鉱物とを分離することが可能である。オーストラリア Central Chemical Consulting Pty Ltd製の重液(LST: タングステン酸塩の調整品。密度 2.85 g/cm^3)を用いて重鉱物粒子を捕集した。この粒子群を走査電子顕微鏡によって観察したところ、長径が数マイクロメートルの米粒様の白色粒子が見いだされた。X線マイクロアナライザーを用いて元素組成を調べたところ、これらの粒子はバリウムとイオウからなる重晶石であると同定された。

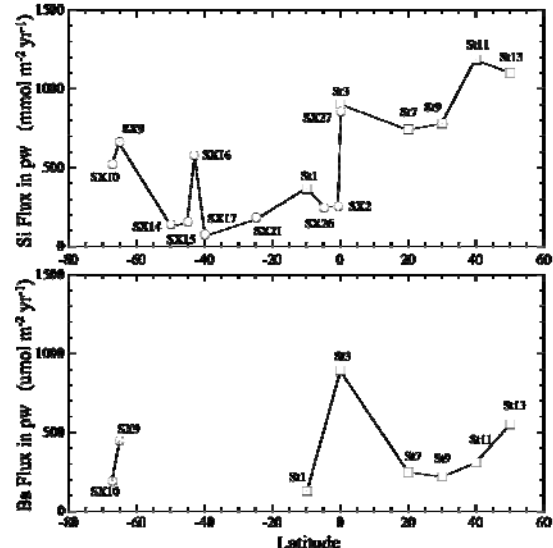
(4) 太平洋中央域および東太平洋赤道域から採取された表層堆積物コアを用いて、海底における重晶石の地理的変動を調べた。その結果、表層堆積物中の重晶石の分布は、南北亜熱帯域で減少し、赤道域および高緯度海域において増加する傾向が認められた。このことは重晶石が海洋表層の生物生産にともなって形成し、海底に沈積することを示している。

一方、過去60万年間の海洋変動を記録している東太平洋湧昇域から採取したピストンコア試料を分析・解析したところ、氷期に重晶石の堆積速度が増加する傾向が認められた。このことは、氷期に湧昇の規模が強勢・拡大し、表層の生物生産が増加すると共に、重晶石の沈積速度も増加したことを示す証拠であると考えられる。

(5) 間隙水を通した海底物質移動過程のモデル化

太平洋中央域の南極海から北太平洋亜寒帯域に至る縦断測線において採取した表層堆積物コアを用い、沈積したオパール骨格の溶解によるケイ酸塩の底層水に向かう拡散フラックス求めた。その結果は、図1に示すように、南極海から南太平洋亜熱帯域に向かっては700から80 $\text{mmol/m}^2/\text{yr}$ に減少する傾向が見られた。赤道域では250-900 $\text{mmol/m}^2/\text{yr}$ と場所毎による変動が大きく、そして北太平洋亜熱帯から亜寒帯に向かっては750から1200 $\text{mmol/m}^2/\text{yr}$ に増加する傾向が得られた。

一方、重晶石の溶解による溶存バリウムの拡散フラックスについては、同じく図1に示すようである。すなわち、溶存バリウムフラックスの緯度変動はケイ酸塩のそれと極めて調和的で、はほぼ同様の傾向を示していると言える。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Horikawa, K., M. Murayama, M. Minagawa, Y. Kato and T. Sagawa (2010) Latitudinal and downcore (0–750 ka) changes in n-alkane chain lengths in the eastern equatorial Pacific. *Quaternary Res.*, 73, 573–582. 査読有
- ② 加藤義久, 中村智巳 (2010) 中央太平洋における溶存バリウムの南北縦断分布. 月刊海洋, 42, 44–50. 査読無
- ③ Nakaguchi, Y., H. Minami, K. Kitahata, H. Hattori, Y. Yamaguchi and Y. Kato (2007) Selenium speciation in pore water in marginal sea sediments, *Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan*. 61, 123–131. 査読有
- ④ 中村智巳, 副島広道, 加藤義久 (2007) 半閉鎖性水域における溶存バリウムおよびケイ酸塩の分布の特徴. 東海大学紀要海洋学部, 4, 117–132. 査読有

[学会発表] (計 21 件)

- ① 小西由紀, 横山由香, 加藤義久, 南 秀樹, 堀川恵司, 村山雅史, 南川雅男 (2008) 東太平洋赤道湧昇域における堆積物コア中の重晶石の分布. 2008年度日本海洋学会秋季大会 (広島国際大学) 2009. 9. 27
- ② 坂本緑, 小西由紀, 加藤義久, 南 秀樹 (2009) 太平洋表層堆積物中におけるBa_{ex}の分布. 2009 年度日本海洋学会秋季大会 (京都大学) 2009. 9. 26
- ③ 山田悠香子, 南 秀樹, 小畑 元, 中口 譲, 村山雅史, 加藤義久, 南川雅男 (2009) 東部太平洋堆積物中における微量金属元素の動態解明. 2009 年度日本海洋学会秋季大会 (京都大学) 2009. 9. 26
- ④ 加藤義久, 中村智巳 (2009) 中央太平洋におけるバリウムの断面分布: 古海洋プロキシの開発にむけて. 2009年度日本地球化学会年会 (広島大学) 2009. 9. 17
- ⑤ 山田悠香子, 南 秀樹, 小西由紀, 中口 譲, 小畑 元, 丸尾雅啓, 加藤義久 (2009) 東太平洋赤道湧昇域堆積物中における金属元素の挙動. 2009年度日本海洋学会春季大会 (東京海洋大学) 2009. 4. 7
- ⑥ 中村智巳, 加藤義久, 副島広道 (2008) 太平洋南北縦断測線における溶存バリウムの分布: GEOSECSデータとの比較. 2008 年度日本地球化学会年会 (東京大学) 2008. 9. 19
- ⑦ 小西由紀, 中村智巳, 加藤義久, 南 秀樹 (2008) 東太平洋赤道湧昇域における堆積

物中の生物起源物質の分布: カルサイト, オパール, バライト. 2008 年度日本地球化学会年会 (東京大学) 2008. 9. 18

- ⑧ Konishi Y., Y. Kato, T. Nakamura, K. Horikawa, M. Murayama and M. Minagawa (2007) The changes of calcite and opal in the sediment cores from the HNLC areas: Eastern Equatorial Pacific, Antarctic Ocean and Southern Pacific subpolar front area. 9th International Conference on Paleoceanography, 3–7 September, Shanghai, China.
- ⑨ Nakamura, T., Y. Kato and H. Minami (2007) Unique profiles of dissolved barium in semi-closed basins; Sulu, Celebes, South China and Andaman Seas. 9th International Conference on Paleoceanography, 3–7 September, Shanghai, China.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤義久 (KATO YOSHIHISA)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号: 00152752

(2) 研究分担者

成田尚史 (NARITA HISASHI) (H19 年度のみ)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号: 50250501

南 秀樹 (MINAMI HIDEKI)
東海大学・生物理工学部・准教授
研究者番号: 60254710